

21

世纪

夏强 主编

高等医学院校教材

医学生理学



科学出版社

21世纪高等医学院校教材

医学生理学

主 编 夏 强

副主编 杜友爱 吴培林 沈岳良

科 学 出 版 社

2002

内 容 简 介

生理学是医学院校各专业课程设置中重要的基础主干课程,是一门研究生命活动规律的科学。本书作为生理学教材,内容涵盖了细胞、血液、血液循环、呼吸、消化与吸收、能量代谢与体温、尿的生成与排出、感觉器官、神经系统、内分泌和生殖等生理学教学的基本内容,共12章。同时,本书作为专科教材,在生理学基本教学内容的基础上,结合现代生理学进展,适当增加了新概念;并结合专科教学特点,在编写思路做了较大的调整,在有限的空间专门辟出与临床紧密联系的“临床应用”小栏目,以期达到提高学生学习兴趣、早期接触临床的目的,更好地将生理学知识与临床医学知识结合起来。

本书适用于专科层次的临床医学、护理学、预防医学、口腔医学、药学等各类专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

医学生理学/夏强主编.-北京:科学出版社,2002.3

21世纪高等医学院校教材

ISBN 7-03-009001-2

I. 医… I. 夏… III. 人体生理学-医学院校-教材

IV. R33

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第007306号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年3月第一版 开本:850×1168 1/16

2002年3月第一次印刷 印张:19

印数:1-7 000 字数:394 000

定价:29.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

为了适应新世纪对医药人才的培养要求,医学教学要在教学内容、教学方法等方面进行全面的改革。作为医学基础主干课程之一的“医学生理学”,其教材也需及时更新,以适应教学改革的需要。

“医学生理学”教材编写组成立于2000年6月,由全国10余所兄弟院校20余位专家参加。在编写过程中,强调了教材的思想性、科学性和实用性。编者对各自编写章节的内容都做了认真的斟酌,参考了国内外若干部著名的新版生理学教科书,并注意文字的易读性,便于学生的自学。同时,本书作为专科教材,在生理学基本教学内容的基础上,结合现代生理学进展,适当增加了新概念,并结合专科教学特点,在编写思路上做了较大的调整,在有限的空间专门辟出与临床紧密联系的“临床应用”小栏目,以期达到提高学生兴趣、早期接触临床的目的,更好地将生理学知识与临床医学知识结合起来。

本书作为生理学教材,内容涵盖了细胞、血液、血液循环、呼吸、消化与吸收、能量代谢与体温、尿的生成与排出、感觉器官、神经系统、内分泌和生殖等生理学教学内容。

由于我们的水平有限,书中有些提法可能有不妥之处,我们恳切希望读者对本书提出宝贵意见,以便再版时改进。

夏 强

2001年12月于浙江大学医学院

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学的定义和研究水平.....	1
第二节 机体的内环境及其稳态.....	2
第三节 生理学与临床医学的关系.....	2
第四节 生理功能的调节.....	3
第五节 生理功能的调节控制原理.....	4
第二章 细胞的基本功能	6
第一节 细胞的跨膜物质转运功能.....	6
第二节 细胞的生物电现象.....	11
第三节 细胞的跨膜信号转导.....	16
第四节 肌细胞的收缩功能.....	19
第三章 血液	30
第一节 概述.....	30
第二节 血浆.....	33
第三节 血细胞生理.....	34
第四节 血液凝固和纤维蛋白溶解.....	41
第五节 血型和输血.....	47
第四章 血液循环	52
第一节 心脏生理.....	52
第二节 血管生理.....	70
第三节 心血管活动的调节.....	86
第四节 器官循环.....	96
第五章 呼吸	102
第一节 肺通气.....	103
第二节 肺换气和组织换气.....	112
第三节 气体在血液中的运输.....	116
第四节 呼吸运动的调节.....	120
第六章 消化和吸收	127
第一节 概述.....	127
第二节 口腔内消化.....	132
第三节 胃内消化.....	133
第四节 小肠内消化.....	139

第五节 大肠的功能	145
第六节 吸收	147
第七章 能量代谢与体温	152
第一节 能量代谢	152
第二节 体温及其调节	159
第八章 肾的排泄功能	166
第一节 肾的结构和血液循环特点	166
第二节 肾小球的滤过作用	170
第三节 肾小管和集合管的物质转运功能	174
第四节 尿液的浓缩和稀释	181
第五节 尿生成的调节	185
第六节 尿液排放	190
第九章 感觉器官	193
第一节 概述	193
第二节 视觉器官	195
第三节 听觉器官	204
第四节 前庭器官	210
第五节 嗅觉和味觉	213
第十章 神经系统的功能	215
第一节 神经元活动的一般规律	215
第二节 神经胶质细胞	224
第三节 反射活动的一般规律	225
第四节 神经系统的感觉分析功能	230
第五节 神经系统对躯体运动的调节	238
第六节 神经系统对内脏活动的调节	248
第七节 脑的高级功能	252
第八节 脑的电活动与觉醒睡眠	256
第十一章 内分泌	261
第一节 概述	261
第二节 下丘脑与垂体	267
第三节 甲状腺	271
第四节 肾上腺	276
第五节 调节钙、磷代谢的激素	280
第六节 胰岛	283
第七节 其他激素	284
第十二章 生殖	286
第一节 男性生殖	286
第二节 女性生殖	289
第三节 妊娠与分娩	293

第一章

绪 论

第一节 生理学的定义和研究水平

一、生理学的定义

生理学(physiology)是研究生命活动规律的科学。生理学是生物学的一个分支,是以生物机体的生命活动现象和机体各个组成部分的功能为研究对象的一门科学。人体生理学的任务就是研究正常状态下人体及其各组成部分的功能和发生机制,以及内外环境变化对机体功能的影响。

二、生理学的主要研究方法和水平

生理学是一门实验性科学。研究方法对生理学的发展起着十分重要的作用,主要有动物实验、人体实验和调查研究。动物实验包括急性和慢性动物实验,是生理学研究采用的主要方法。但由于动物与人类的差别,不能把动物实验的结果简单地套用于人体。所以,进行人体实验、获得人类的生理参数和了解功能调节机制是人类了解自己的最有效途径,只有在不影响人体健康的情况下,才允许进行人体实验。调查研究是以人的群体为对象进行的,如人体生理正常值需要在大量人群中测量和统计。

构成身体的最基本单位是细胞,由许多不同的细胞构成器官。行使某种生理功能的不同器官互相联系,构成一个器官系统。整个身体就是由各个器官系统互相联系、互相作用而构成的一个复杂的整体。因此,生理学的研究是在细胞、器官和系统以及整体三个水平上进行的。在细胞和分子水平的研究,可以分析某种细胞、构成细胞的分子或基因的生理特性、功能及其调节机制;对器官和系统的研究,可以了解一个器官或系统的功能及其在机体中所起的作用和内在机制,以及各种因素对它的活动的影响;而整体水平的研究就是以完整的机体为研究对象,观察和分析在

各种生理条件下不同的器官、系统之间互相联系、互相协调的规律。值得指出的是,这三个水平的研究,它们相互间不是孤立的,而是互相联系、互相补充的。要阐明某一生理功能的机制,一般需要对细胞和分子、器官和系统以及整体三个水平的研究结果进行分析和综合,才能得出比较全面的结论。

第二节 机体的内环境及其稳态

人体生存的外部环境即外环境,包括自然环境和社会环境。人体内绝大部分的细胞并不与外环境直接接触,而是生活在一个液体环境,即细胞外液中。相对于外环境而言,由细胞外液构成的细胞生存的环境称为内环境(internal environment)。内环境对细胞的生存以及维持细胞的正常生理功能十分重要。细胞通过细胞膜从内环境摄取氧和其他营养物质,同时将二氧化碳和其他代谢产物排到内环境中,后者则通过机体的呼吸和排泄等途径排出体外。

正常机体其内环境的理化性质如温度、渗透压、pH、离子浓度等经常保持相对的稳定,这种内环境理化性质相对稳定的状态称为稳态(homeostasis)。在高等动物中,内环境的稳态是细胞维持正常生理功能的必要条件,也是机体维持正常生命活动的必要条件。内环境的稳态包含两方面的含义:一方面是指内环境理化性质总是在一定水平上保持相对恒定,不随外环境的变化而出现明显的变动;另一方面,内环境的理化因素并不是静止不变的,在正常生理状态下有一定的波动,但其变动范围很小。因此,内环境稳态是一个动态的、相对稳定的状态。

第三节 生理学与临床医学的关系

虽然生理学是隶属于生物学的二级学科,但也是一门基础医学科学,与临床医学有着十分密切的关系。人们必须在了解正常人体各个组成部分功能和调节的基础上,才能理解在各种疾病情况下身体某个或某些部分发生的改变,才能对疾病做出正确的诊断和治疗。因此,生理学对于医学生来说是一门非常重要的基础理论课程。

生理学是以剖析生命现象的机制为目的的一门自然科学,而临床医学则是以对人类的疾病进行诊断、治疗以及预防为目的的应用科学。可以说,疾病就是机体在一定条件下受病因作用后,其维持生命的稳态调节紊乱而发生的异常生命活动过程。人如果是健康的,即使稳态受各种环境因素的影响出现暂时的紊乱,但由于是在自动调节范围之内,这种紊乱是可以回复的。这种回复过程是机体维持稳态的表现,而对疾病来说则为自然治愈。如果致病因素强大,机体不能通过自身的调节能力维持稳态,便表现出患病症状。此时,必须施加干预,以帮助机体回复稳态,这就是治疗。为了进行正确的治疗,必须掌握疾病发生的原因以及患者的机能状态。如果能够正确地了解疾病发生的原因,就有可能去除病因以预防疾病。

第四节 生理功能的调节

人体生理功能的调节是指人体对内外环境变化所做出的适应性反应的过程。通过机体各部分功能活动的相互协调和配合,可使机体适应各种不同的生理情况和外界环境的变化,也可使被扰乱的内环境重新得到恢复。机体对各种功能活动的调节的方式主要有三种,即神经调节、体液调节和自身调节。

一、神经调节

通过神经系统的活动对机体功能进行的调节称为神经调节(nervous regulation)。神经调节在机体的所有调节方式中占主导地位。神经调节的基本方式是反射(reflex)。反射是指在中枢神经系统的参与下,机体对刺激产生的规律性应答。反射活动的结构基础是反射弧,由五个基本成分组成,即感受器、传入神经纤维、神经中枢、传出神经纤维和效应器。感受器能够感受体内外的各种刺激,并将刺激能量转变成体内可传导的电信号(动作电位),通过传入神经纤维传至相应的神经中枢,中枢对传入信号进行分析、处理或整合后,发出指令(电信号——动作电位),通过传出神经纤维到达效应器,效应器完成反射动作。反射的完成有赖于反射弧结构的完整及其正常的功能,其五个组成部分的任何一个部分结构被破坏或出现功能障碍,均可导致反射不能完成。神经调节的特点是产生效应迅速、调节作用精确、作用时间较短暂。

二、体液调节

体液调节(humoral regulation)是指由内分泌细胞或某些组织细胞生成并分泌的特殊的化学物质,经由体液运输,到达全身或局部的组织细胞,调节其活动。化学物质有内分泌细胞分泌的激素、某些组织细胞分泌的肽类和细胞因子等。化学物质经血液这种体液途径运输到达特定组织发挥作用是体液调节的主要方式。有些化学物质可不经血液运输,而是经由组织液扩散作用于邻近的细胞,调节这些细胞的活动。另外,某些激素可由非内分泌细胞合成和分泌,如下丘脑和心血管系统的一些细胞也能合成激素。体液调节的特点是产生效应较缓慢、作用广泛、持续时间较长。

三、自身调节

自身调节(autoregulation)是指机体的器官、组织、细胞自身不依赖于神经和体液调节,而由自身对刺激产生适应性反应的过程。例如,血管壁的平滑肌在受到牵拉刺激时,会发生收缩反应;心肌被拉长后,收缩前的初长度直接影响其收缩力量。

自身调节是一种局部调节,其特点是调节幅度较小、灵敏度较低,但对某些器官和组织,仍具有重要的生理意义。

第五节 生理功能的调节控制原理

总的说来,生理功能调节的目的主要包括两个方面:一是维持内环境的稳态;二是使机体的生理功能适应机体活动的需要,使内环境在一定的水平保持稳态。前者主要通过反馈控制系统来实现,而后者则由开环控制系统、前馈控制系统和反馈控制系统共同完成。

一、非自动控制系统

非自动控制系统是一个开环控制系统,实际上就是单一的反射过程。从感受器接受刺激到效应器产生动作是单方向一次性完成的,其中枢不受效应器动作的反作用。从控制论的原理来解释,就是系统内控制系统的输入部分不受输出部分的影响。如寒冷刺激作用于机体可引起下丘脑-腺垂体-甲状腺活动加强,使体内甲状腺激素升高,促使机体产热、体温增高,但体温增高不能改变寒冷刺激通过感受器传入中枢的输入信号对控制部分的影响。在这种情况下,刺激决定着反应,而反应不能改变刺激,这种控制系统无自动控制的能力。

二、反馈控制系统

反馈控制系统是一个闭环系统,即控制部分发出信号指示受控部分发生活动,受控部分则发出反馈信号返回到控制部分,使控制部分能根据反馈信号来改变自己的活动,从而对受控部分的活动进行调节。根据受控部分的反馈信息对控制部分的作用(原有效应)不同,可将反馈分为两种:负反馈和正反馈。

反馈作用与原效应作用相反,使反馈后的效应向原效应的相反方向变化,这种反馈称为负反馈(negative feedback)。所以,负反馈的作用是使系统保持稳定。机体内环境之所以能维持稳态,就是因为有许多负反馈存在和发挥作用。如动脉血压高于正常时,压力感受器就立即将信息通过传入神经反馈到心血管中枢,使心血管中枢的活动发生改变,从而调节心脏和血管的活动,使动脉血压向正常水平恢复;反之,如血压低于正常,则通过负反馈调节使血压回复正常。

反馈作用与原效应作用一致,起到促进或加强原效应的作用,这种反馈称为正反馈(positive feedback)。在血液凝固和分娩等生理过程中,都有正反馈机制的参与。如当小血管破裂时,各种凝血因子相继激活,最后形成血凝块,将血管破口封住。在病理情况下,如心力衰竭失代偿期、癌症后期机体功能的恶性循环等均有正反馈机制的参与。

三、前馈控制系统

在生理功能的控制中,还有一种称为前馈(feed forward)的调节活动。在受控部分的状态尚未发生改变之前,机体通过某种监测装置得到信息,以更快捷的方式调整控制部分的活动,用以对抗干扰信号对受控部分稳态的破坏,这种调控称为前馈控制。条件反射活动就是一种前馈控制系统的活动,它使机体的反应具有超前性。例如,动物见到食物就会引起唾液分泌,这种分泌比食物进入口中后引起的唾液分泌来得快,而且富有预见性,更具有适应性意义。

(夏 强)

第二章

细胞的基本功能

细胞是人体的基本结构单位。体内所有的生理功能和生化反应都是以细胞为基础进行的。因此,对细胞结构和功能的研究,能够揭示出众多的生命现象,并对人体和组成人体各部分的功能及其发生机制有更深入的理解和认识。

第一节 细胞的跨膜物质转运功能

细胞膜是包绕细胞内液的特殊半透性膜,是细胞的屏障。各种物质进出细胞必须经过细胞膜。由于细胞膜的基架是脂质双分子层,脂溶性的物质可以通过细胞膜,而水溶性物质则不能直接通过细胞膜,它们必须借助细胞膜上某些物质的帮助才能通过,其中细胞膜结构中具有特殊功能的蛋白质起着关键性的作用。细胞膜转运物质的形式是多种多样的,有不同的分类方法,现将常见的几种转运形式分别介绍如下。

一、单纯扩散

单纯扩散(simple diffusion)是指脂溶性物质通过细胞膜由高浓度侧向低浓度侧扩散的过程。细胞膜起到分割细胞内液和外液的屏障作用,人体体液中的脂溶性物质(如氧气、二氧化碳、一氧化氮和甾体类激素等)可通过细胞膜的屏障,单纯依靠浓度差进行跨细胞膜转运。跨膜转运物质的多少以通量表示,其大小取决于两方面的因素:①细胞膜两侧该物质的浓度差,这是物质扩散的动力,浓度差愈大,扩散通量也愈大;②该物质通过细胞膜的难易程度,即通透性(permeability)的大小,细胞膜对该物质的通透性减小时,扩散通量也减小。

二、易化扩散

水溶性小分子或离子(Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等)在特殊膜蛋白的帮助下,由细胞膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散的过程,称为易化扩散(facilitated diffusion)。例如,细胞外液中的葡萄糖进入细胞; Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等离子顺浓度差快速地进入或移出细胞。根据参加帮助的膜蛋白质的不同,又可将易化扩散分为两种,即载体运输和通道运输。

1. 载体运输 细胞膜的载体蛋白质在被转运物质浓度高的一侧与被转运物质结合,这一结合引起膜蛋白质的构象变化,把物质转运到浓度低的另一侧,然后与物质分离。所以,在转运中,载体蛋白质并不消耗,可以反复使用(图 2-1)。

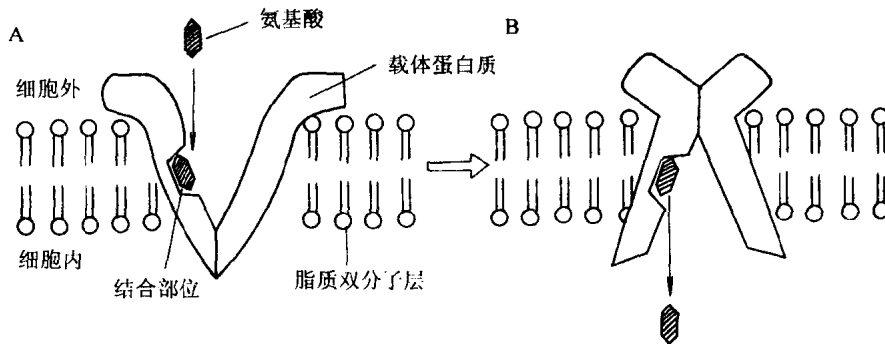


图 2-1 载体运输示意图

A: 载体蛋白质在膜的一侧与被转运物氨基酸结合; B: 载体蛋白质在膜的另一侧与氨基酸分离

载体蛋白质具有以下特性: ①结构特异性:即某种载体只选择性地与某种物质分子做特异性结合。以葡萄糖为例,右旋葡萄糖的跨膜通量超过左旋葡萄糖,木糖不能被载运。②饱和现象:即被转运物质在细胞膜两侧的浓度差超过一定限度时,扩散通量保持恒定。其原因是由于载体蛋白质分子的数目和(或)与物质结合的位点的数目固定,出现饱和。③竞争性抑制:如果一个载体可以同时运载 A 和 B 两种物质,而且物质通过细胞膜的总量又是一定的,那么当 A 物质扩散量增多时,B 物质的扩散量必然会减少,这是因为量多的 A 物质占据了更多的载体的缘故。

2. 通道运输 通道运输是在镶嵌于膜上的通道蛋白质的帮助下完成的。蛋白质通道像贯通细胞膜并带有闸门装置的一条管道。开放时,离子从浓度高的一侧经过通道向浓度低的一侧扩散;关闭时,即使细胞膜两侧存在离子的浓度差,离子也不能通过细胞膜。细胞膜有 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等通道,开放时使 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 由膜的高浓度一侧向膜的低浓度一侧快速移动。当通道开放后,离子流动产生离子电流,可引起膜电位的改变。一般来说,通道的开放(激活)或关闭(失活)是通过“闸门”来调控的,此类通道称为门控通道。根据引起通道开放和关闭的条件不同,可大体将通道分成电压门控通道、配基门控通道和机械力敏感通道(图 2-2)。

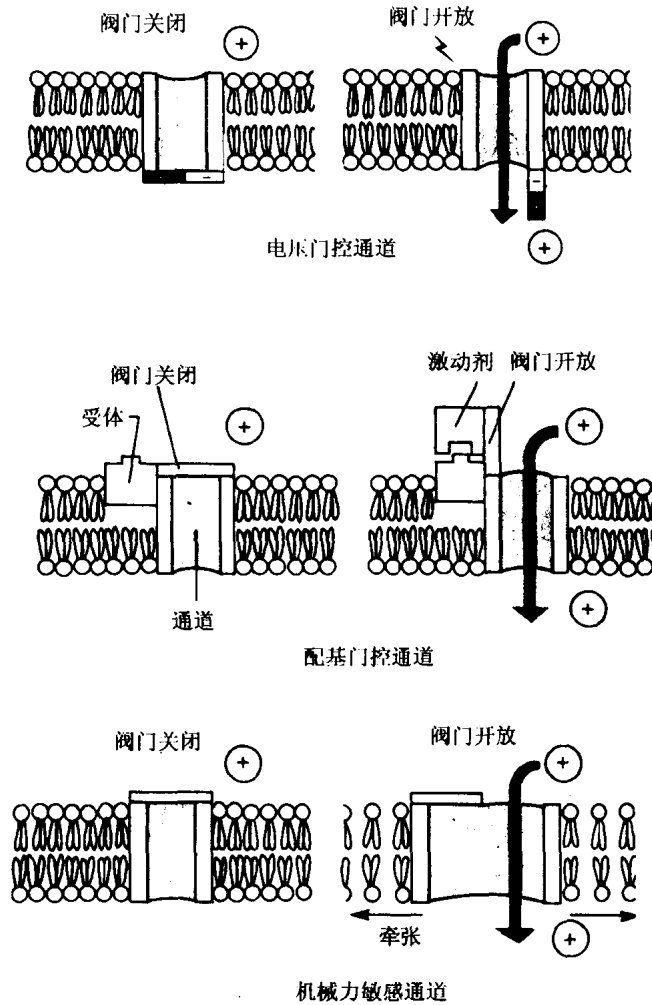


图 2-2 通道运输模式图

需要指出的是,以单纯扩散和易化扩散的方式转运物质时,物质分子移动的动力是膜两侧存在的浓度差(或电位差)所含的势能,它不需要细胞另外提供能量,因而将这两类转运称为被动转运(passive transport)。

三、主动转运

主动转运(active transport)指细胞通过本身的耗能过程,将物质分子或离子由膜的低浓度一侧移向高浓度一侧的过程。它是通过生物泵的活动来完成的。就像举起重物或推物体沿斜坡上移,必须由外部供给能量。主动转运按其利用能量形式的不同,可分原发性主动转运(primary active transport)(由 ATP 直接供能)和继发性主动转运(secondary active transport)(由 ATP 间接供能)。

(一) 原发性主动转运

物质的原发性主动转运中,以 Na^+ 、 K^+ 的转运最重要,研究也最充分,其所需能量直接来自 ATP 的分解。钠泵是镶嵌在细胞膜中具有 ATP 酶活性的特殊蛋白质,其作用是主动转运 Na^+ 、 K^+ 。在一般生理情况下,每分解一个 ATP 分子,可以逆电-化学梯度使 3 个 Na^+ 移到膜外,同时有 2 个 K^+ 移入膜内,保持了膜内高 K^+ 和膜外高 Na^+ 的不均衡离子分布(图 2-3)。钠泵蛋白质是由 α 和 β 两种亚单位组成。 α -亚单位有转运 Na^+ 、 K^+ 和促使 ATP 分解的功能, β -亚单位为保持酶活性所必需。

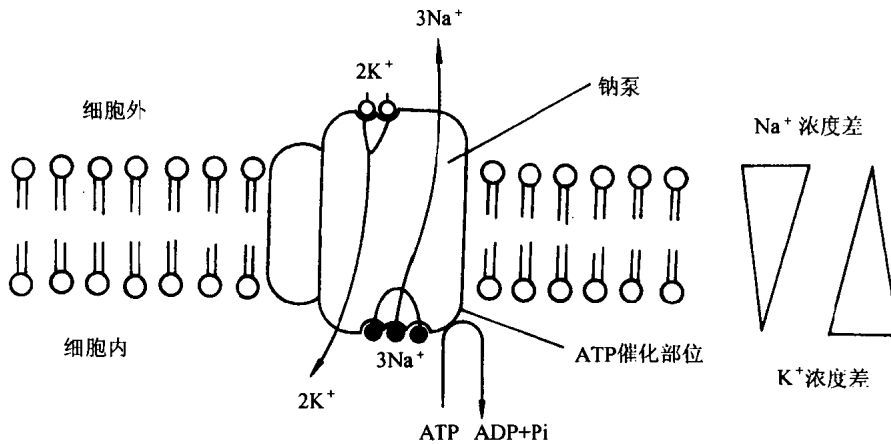


图 2-3 钠泵主动转运示意图

钠泵活动的意义主要是保持 Na^+ 、 K^+ 在细胞内外的浓度差。而 Na^+ 、 K^+ 在细胞内外的浓度差所形成的势能贮备是一些重要生理功能如生物电产生的物质基础。钠泵活动造成的势能贮备,还可以促使某些其他物质进行逆浓度差的跨膜转运(即继发性主动转运)。例如,小肠内的葡萄糖能够逆浓度差由肠腔内进入小肠上皮细胞,就是因为钠泵的持续活动形成了膜外 Na^+ 的高势能,当 Na^+ 顺浓度差进入膜内时,所释放的势能可用于葡萄糖分子的逆浓度差转运。

生物体内除钠泵外,还有许多其他的生物泵,常以被它转运的物质命名。例如,转运 Ca^{2+} 的钙泵、转运 H^+ 的质子泵等。这些生物泵活动时,细胞要为生物泵的运转提供能量,而能量来源于细胞的代谢过程。所以,它与细胞的代谢紧密相关。如果细胞代谢障碍,生物泵的功能就会受到影响。

(二) 继发性主动转运

小肠和肾小管上皮细胞等处葡萄糖和氨基酸转运过程的耗能,并不直接伴随供能物质 ATP 的分解,它们的跨膜转运决定于细胞外 Na^+ 的存在。现认为,上皮管腔侧细胞膜上的转运葡萄糖载体蛋白质有两个结合位点,分别与葡萄糖和 Na^+ 结

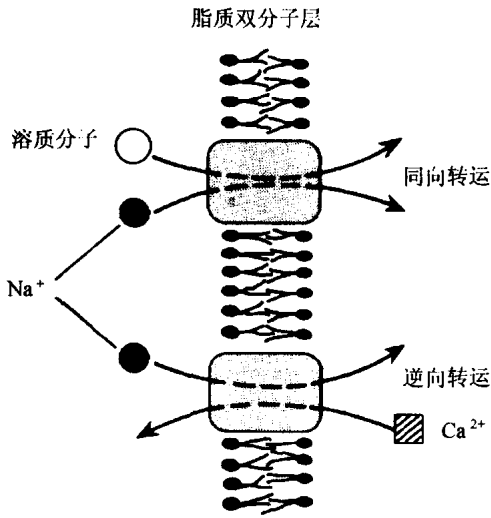


图 2-4 两种继发性主动转运模式
同向转运:被转运物质的方向与提供势能差物质 Na⁺的转运方向相同; 逆向转运:被转运物质的方向与提供势能差物质 Na⁺的转运方向相反

合。因此,转运时两者一起进入细胞内,同时,细胞又不断地依靠基底侧膜上的钠泵分解 ATP 提供能量,将 Na⁺由细胞内泵出,而形成 Na⁺在细胞内浓度低、腔内浓度高的势能贮备。势能贮备又被用来驱动葡萄糖逆浓度梯度进入细胞。这里,葡萄糖所以能够主动转运,其所得的能量并不直接来自 ATP 的分解,而是来自细胞内外 Na⁺的势能差。但造成势能差的钠泵活动是需要分解 ATP 的,因此,葡萄糖的主动转运所需的能量还是间接来自 ATP。为此,人们把这种不直接利用分解 ATP 释放的能量、而利用膜内外势能差进行的主动转运称继发性主动转运(图 2-4)。

四、胞吐与胞吞

一些大分子物质或固态、液态的物质团块进出细胞,可以通过膜的更为复杂的结构和功能改变进行,这些过程需要细胞提供能量。

1. 胞吐 胞吐(exocytosis)过程主要见于细胞的分泌活动,如内分泌细胞分泌激素、外分泌腺分泌酶原颗粒和黏液以及轴突末梢释放神经递质等。各种蛋白质分泌物先在粗面内质网生物合成,在由内质网到高尔基复合体的输送过程中,逐渐被一层膜性结构包被,形成分泌囊泡。当分泌活动开始时,囊泡逐渐向质膜内侧移动,最后囊泡膜和质膜相互接触和融合,进而融合处破裂,将囊泡内容物一次性排放(图 2-5)。胞吐过程由膜外的特殊化学信号或膜两侧电位改变引起,使局部膜 Ca²⁺通道开放, Ca²⁺内流触发囊泡的移动、融合和排放。

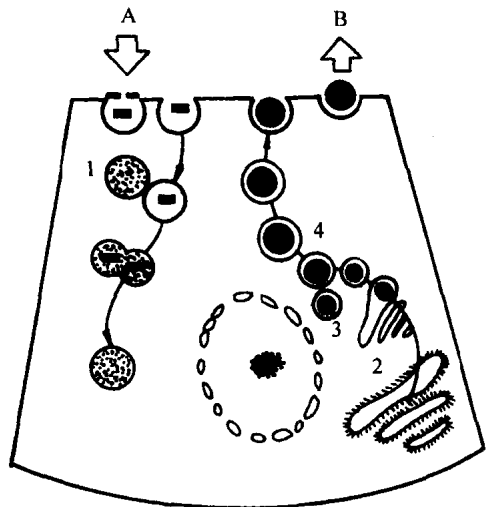


图 2-5 胞吞和胞吐示意图

- 1. 溶酶体; 2. 粗面内质网; 3. 高尔基复合体;
- 4. 分泌颗粒
- A. 胞吞; B. 胞吐

2. 胞吞 胞吞(endocytosis)是指细胞外某些物质团块(如细菌、病毒、异物、

大分子营养物质等)进入细胞的过程。胞吞进行时,某些物质与细胞膜接触,引起质膜内陷,包被被吞食物,再出现膜结构的断离,异物包被进入细胞浆中(图 2-5)。

一些特殊物质进入细胞,是通过被转运物质与膜表面的特殊受体蛋白质相互作用而引起的,称为受体介导式胞吞。被转运物质首先与膜上的受体相结合,膜受体存在于细胞膜上一些特化的凹陷区。其他部位的受体与转运物结合后也可移到凹陷区。当转运物质-受体复合物聚积到一定量时,该区进一步凹陷、离断、形成吞饮泡,完成胞吞过程。已知通过这种方式进入细胞的物质不下 50 余种。

第二节 细胞的生物电现象

当环境发生变化时,生物体内的代谢及其外表活动将发生相应的改变,这种改变称为生物机体的反应(response)。能引起生物机体发生反应的各种环境变化,统称为刺激(stimulus)。一切具有生命活动的细胞、组织或机体对刺激都具有发生反应的能力或特性,称为兴奋性(excitability)。一切活组织的细胞,不论在安静状态还是在活动过程中,均表现有电的变化,这种电变化是伴随着细胞生命活动出现的,所以称为生物电。如神经、肌肉和腺体等组织受刺激后,能迅速产生特殊的生物电现象(如动作电位)及其他反应。在传统的生理学中,将神经、肌肉和腺体组织通称为可兴奋组织(excitable tissue),而且将这些可兴奋组织接受刺激后所产生的生物电反应过程及其表现,称之为兴奋(excitation)。

生物电是一切活细胞都具有的基本生命现象。生物电已被广泛应用于医学的实验研究和临床。例如,临床上常用的心电图、肌电图、脑电图就是用特殊仪器将心肌细胞、骨骼肌细胞、大脑神经细胞产生的电位变化进行检测和处理后记录的图形,它们对相关疾病的诊断有重要的参考价值。就目前所知,人体和各器官所表现的电现象,是以细胞水平的生物电活动为基础。细胞水平的生物电现象主要有两种表现,即在安静时具有的静息电位和受刺激后产生的动作电位。

一、细胞的静息电位及其产生机制

(一) 细胞的静息电位

静息电位(resting potential)是指细胞未受刺激时存在于细胞膜内外两侧的电位差(图 2-6)。静息电位表现为膜内较膜外为负,如果规定膜外电位为 0mV,则膜内电位都在 $-10\sim-100\text{mV}$ 之间。例如,高等哺乳动物的神经和骨骼肌细胞的静息电位为 $-70\sim-90\text{mV}$ 。只要细胞未受到外来刺激而且保持着正常的新陈代谢,静息电位就稳定在某一相对恒定的水平。

(二) 静息电位的产生机制

静息电位的产生与细胞膜内外离子的不均衡分布和细胞膜对各种离子的选择